

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-287630

(43)Date of publication of application : 19.10.1999

(51)Int.Cl.

G01B 11/24
H01L 21/66

(21)Application number : 10-087775

(71)Applicant : SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD
NAGANO DENSHI KOGYO KK

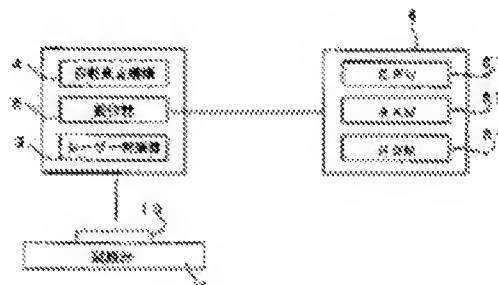
(22)Date of filing : 31.03.1998

(72)Inventor : KUBOTA NORIAKI
OKABE KEIICHI

(54) SURFACE FORM MEASURING DEVICE OF SEMICONDUCTOR SUBSTRATE AND SURFACE FORM MEASURING METHOD OF SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely evaluate the surface quality form and improve the production efficiency by measuring the displacement vertical to a test table surface of a semiconductor substrate surface at specified horizontal intervals, and taking the value obtained by dividing the difference between the measured displacement and the displacement measured just before by the measuring interval as a differential value to perform a calculation.



SOLUTION: An optical surface form measuring device 1 is formed of a test table 2, a laser oscillator 3, an automatic focusing mechanism 4, a displacement gauge 5 and a personal computer 6. Of the displacement data successively inputted from the displacement gauge 5, the value of the difference between the $i+1$ -th displacement data (y_{i+1}) and the displacement data just before (y_i) divided by a measuring interval ($1/100-1/10$ of the substrate diameter) is determined as a first differential value (d_{yi}). Of the first differential value (d_{yi}), the value of the difference between the $i+1$ -th displacement data and the i -th displacement data just before divided by the measuring interval is determined as the second differential value (d_{2yi}), the reference deviation (s) is determined, and this value is taken as smoothness.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-287630

(43) 公開日 平成11年(1999)10月19日

(51) IntCl.⁹
G 01 B 11/24
H 01 L 21/66

識別記号

F I
G 01 B 11/24
H 01 L 21/66

F
P

審査請求 未請求 請求項の数 4 O.L. (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-87775

(22) 出願日 平成10年(1998)3月31日

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社
東京都千代田区丸の内1丁目4番3号

(71) 出願人 591037498

長野電子工業株式会社
長野県更埴市大字屋代1393番地

(72) 発明者 久保田 慎章

長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子
工業株式会社内

(72) 発明者 岡部 将一

長野県更埴市大字屋代1393番地 長野電子
工業株式会社内

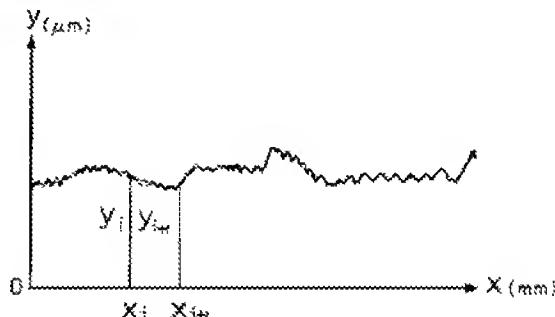
(74) 代理人 弁理士 荒巣 良男 (外1名)

(54) 【発明の名称】 半導体基板の表面形状計測装置及び半導体基板の表面形状判定方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体基板の表面形状品質をより的確に評価して次工程以前の生産効率を高めることが可能な表面形状計測装置及び表面形状判定方法を提供する。

【解決手段】 試験台上に載置された半導体基板の試験台表面に垂直な方向の変位を、水平方向に所定の測定間隔で測定する光学式の変位測定装置1(3、4、5)と、前記変位測定装置1により測定された変位を順次入力して、測定された一の変位と当該一の変位の直前に測定された変位との差を前記所定の測定間隔で除した値を1回微分値として順次算出し、次いで、算出された一の1回微分値と当該一の1回微分値の直前に算出された1回微分値との差を前記所定の測定間隔で除した値を2回微分値として順次算出した後、前記算出された2回微分値の標準偏差を平滑度として算出するパーソナルコンピュータ6と、を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 試験台上に載置された半導体基板表面の試験台表面に対する垂直な方向の変位を、水平方向に所定の間隔で測定する変位測定手段と、

前記変位測定手段により測定された変位を順次入力して、測定された一の変位と当該一の変位の直前に測定された変位との差を前記所定の測定間隔で除した値を1回微分値として順次算出し、次いで、算出された一の1回微分値と当該一の1回微分値の直前に算出された1回微分値との差を前記所定の測定間隔で除した値を2回微分値として順次算出した後、前記2回微分値の標準偏差を平滑度として算出する平滑度算出手段と、
を備えたことを特徴とする半導体基板の表面形状計測装置。

【請求項2】 前記所定の測定間隔は、前記半導体基板の直徑の1/100～1/10の大きさであることを特徴とする請求項1記載の半導体基板の表面形状計測装置。

【請求項3】 試験台上に載置された半導体基板表面の試験台表面に対する垂直な方向の変位を、水平方向に所定の測定間隔で測定し、

次いで、測定された一の変位と当該一の変位の直前に測定された変位との差を前記所定の測定間隔で除した値を1回微分値として算出し、

次いで、算出された一の1回微分値と当該一の1回微分値の直前に算出された1回微分値との差を前記所定の測定間隔で除した値を2回微分値として算出した後、前記2回微分値の標準偏差を平滑度として算出し、

次いで、前記平滑度と予め用意された判別値とを比較して所定の判定を行うことを特徴とする半導体基板の表面形状判定方法。

【請求項4】 前記所定の測定間隔は、前記半導体基板の直徑の1/100～1/10の大きさであることを特徴とする請求項3記載の半導体基板の表面形状判定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、シリコンウェーハに代表される半導体基板の表面形状計測装置及び半導体基板の表面形状判定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、半導体基盤材料として用いられるシリコンウェーハは、シリコン単結晶インゴットを内周刃、或いはワイヤーソーによってスライシングすることにより切り出されている。近年、半導体デバイス技術の飛躍的な進歩による半導体デバイスの高集積化が著しく、この進歩に伴い、シリコンウェーハ等に対する品質要求もより厳しくなっている。かかるシリコンウェーハに要求される重要な品質特性の一つとして、シリコンウェーハの表面形状の問題がある。なぜなら、半導体デバイ

スの高集積化は、デバイス寸法の縮小化を招來し、例えば、シリコンウェーハにむずかうねり等があった場合に、フォトリソグラフィ工程等においてデバイスパターンに誤差が生じてしまうからである。

【0003】 ところで、一口にシリコンウェーハの形状品質といつても、直徑、厚さ、平行度、平坦度、そり、うねり、表面粗度といった様々なパラメータがあるが、これらの中で、デバイス製造時における歩留まりに大きな影響を与えるものが、平坦度、そり、うねりといった巨視的ラフネスと、表面粗さといった微視的ラフネスである。従来、この巨視的ラフネスの評価方法としては、例えば、図4に示すボウなどが知られている。

【0004】 ボウは、シリコンウェーハ100を基準点で支え、基準面からシリコンウェーハ100の中央面までの距離を測定し、次いでシリコンウェーハ100を裏返して同様に距離を測定して、(a-b)/2で定義される値である。

【0005】 また、微視的ラフネスは、例えば、次式で定義される R_{ms} (root-mean-square roughness) が知られている。

【数1】

$$R_{\text{ms}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n Z_i^2}$$

ここで、n: 測定点数、 Z_i : i番目の測定点の平均表面レベルからの距離を示す。従来はこのような評価パラメータを用いて、シリコンウェーハの表面形状品質の評価を行っていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、スライシング工程に続くラッピング工程においては、図5に示すように、シリコンウェーハ100は、互いに平行に保たれたラップ定盤101、101は置かれ、この状態でシリコンウェーハ100の表面面が削られて微視的ラフネスとなる凹凸が取り除かれる。このとき、図5(a)に示すような巨視的ラフネスとしての反りがある場合には、上下の定盤101、101に密着させることが出来るが、図5(b)に示すような微視的ラフネスと巨視的ラフネスの間に中間的ラフネスがある場合には、ラップ定盤101、101とシリコンウェーハ100の間に隙間102が生じ、ラッピング時の上下方向からの押付力によってシリコンウェーハ100が割れてしまったり、ラッピングでは取りきれなかったりして、歩留まりが低下するという問題点があった。特に、ワイヤーソーは、スライサーの磨耗等による影響が内周刃に比べて大きく、このような中間的ラフネスのバラツキが起こりやすく、一定レベル以上の品質を維持させることができなかった。

【0007】 しかしながら、従来は、このような中間的ラフネスを測定し、定量的に評価しようとする試みはな

されておらず、このような中間的ラフネスについては専ら人間の官能による判断を行ってきた。

【0008】本発明は、上記事情を鑑みなされたものであって、半導体基板の表面形状品質をより的確に評価して次工程以降の生産効率を高めることが可能な半導体基板の表面形状計測装置及び半導体基板の表面形状判定方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、半導体基板の表面形状計測装置において、試験台に載置された半導体基板表面の試験台表面に対して垂直な方向の変位を、水平方向に所定の間隔で測定する変位測定手段と、前記変位測定手段により測定された変位を順次入力して、測定された一の変位と当該一の変位の直前に測定された変位との差を前記所定の測定間隔で除した値を1回微分値として順次算出し、次いで、算出された…の1回微分値と当該…の1回微分値の直前に算出された1回微分値との差を前記所定の測定間隔で除した値を2回微分値として順次算出した後、前記算出された2回微分値の標準偏差を平滑度として算出する平滑度算出手段と、を備えたことを特徴としている。

【0010】この請求項1記載の発明によれば、変位測定手段によって所定の間隔で測定された変位は、平滑度算出手段によって、1回微分値と2回微分値が順次算出されるとともに、この2回微分値の標準偏差を算出することにより平滑度が算出される。従って、従来の表面粗さのような微視的ラフネスと、反りやうねりのような巨視的ラフネスとの間の中間的なラフネスを定量的に評価することが出来ることとなって、このような中間的ラフネスを人間が官能的に判定していた場合に比べて、一定した基準で確実に判定することができる。即ち、平滑度は、半導体基板の表面の任意領域を曲面と考え、曲面の勾配の変化率の絶対値のバラツキを示したパラメータであって、巨視的ラフネスと微視的ラフネスの中間のラフネスを評価するパラメータとして使用可能であり、この平滑度を表面形状評価として追加することによって、従来の表面粗さと反りのみによる半導体基板の表面形状評価よりもより確実な評価をすることとなることとなって、次工程以降の歩留向上が図れる。また、これらデータの蓄積によってスライシングの刃替えのタイミングも容易に把握することが出来ることとなって、加工精度のバラツキが大きいワイヤーソーの場合でも表面形状管理をより確実に行なうことが出来る。また、2回微分した値を用いるので、反りなどの周波数の大きな表面形状の変化などの外乱の影響を消すことが出来る。

【0011】ここで、変位は、試験台表面から半導体基板の表面までの垂直方向の距離で定義されるものである。この変位の測定方法は、本発明の測定範囲が広いので、触針式の場合、値が振り切れる可能性があるので、

原則として光学式のものを使用するが、特に限定するものではない。

【0012】請求項2記載の発明は、請求項1記載の半導体基板の表面形状計測装置において、前記所定の測定間隔は、前記半導体基板の直径の1/100~1/10の大きさであることを特徴としている。

【0013】この請求項2記載の発明によれば、測定間隔が1/100~1/10の範囲とされているので、適正な測定が出来ることとなって、請求項1に示した発明の効果を確実に得ることが可能となる。ここで、測定間隔は、半導体基板の大きさによって決定されるものであり、実際の値としては、2mm~40mm程度が適正範囲である。

【0014】請求項3記載の発明は、半導体基板の表面形状判定方法において、試験台に載置された半導体基板表面の試験台表面に対して垂直な方向の変位を、水平方向に所定の測定間隔で測定し、次いで、測定された…の変位と当該…の変位の直前に測定された変位との差を前記所定の測定間隔で除した値を1回微分値として算出する。次いで、算出された…の1回微分値と当該…の1回微分値の直前に算出された1回微分値との差を前記所定の測定間隔で除した値を2回微分値として算出した後、前記算出された2回微分値の標準偏差を平滑度として算出する平滑度算出手段と、を備えたことを特徴としている。

【0015】この請求項4記載の発明によれば、試験台に載置された半導体基板表面の試験台表面に対して垂直な方向の変位が水平方向に所定の測定間隔で測定され、次いで、測定された…の変位と当該…の変位の直前に測定された変位との差を所定の測定間隔で除した値が1回微分値として算出され、次いで、算出された…の1回微分値と当該…の1回微分値の直前に算出された1回微分値との差を前記所定の測定間隔で除した値が2回微分値として算出された後、2回微分値の標準偏差が平滑度として算出され、次いで、平滑度と予め用意された判別値とが比較されて所定の判定が行われる。従って、従来の表面粗さのような微視的ラフネスと、反りやうねりのような巨視的ラフネスとの間の中間的なラフネスを定量的に評価することが出来ることとなって、このような中間的ラフネスを人間が官能的に判定していた場合に比べて、一定した基準で確実に判定することができるとともに、これらデータの蓄積によってスライシングの刃替えのタイミングも容易に把握することが出来る。即ち、平滑度は、半導体基板の表面の任意領域を曲面と考え、曲面の勾配の変化率の絶対値のバラツキを示したパラメータであって、巨視的ラフネスと微視的ラフネスの中間のラフネスを評価するパラメータとして使用可能であり、この平滑度を利用することによって、従来の半導体基板の表面形状評価よりもより確実な評価をすることができるることとなって、次工程以降の歩留向上が図れる。

【0016】請求項4記載の発明は、請求項3記載の半導体基板の表面形状判定方法において、前記所定の測定間隔は、前記半導体基板の直径の1/100~1/10の大きさであることを特徴としている。

【0017】この請求項4記載の発明によれば、測定間隔が1/100~1/10の範囲とされているので、適正な測定が出来ることとなって、請求項3に示した発明の効果を確実に得ることが可能となる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図を参照して本発明に係る半導体基板の表面形状計測装置及びこの装置を使用した半導体基板の表面形状判定方法の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明に係る半導体基板の表面形状計測装置の要部構成を示したブロック図である。図1に示した表面形状計測装置1は、光学式のものであって、試験台2と、レーザー発振器3と、自動焦点機構4と、変位計5と、パーソナルコンピュータ6などにより構成され、図2に示すように、予め校正された基準点からの距離のずれ(y)を変位として光学的に測定する。

【0019】前記試験台2は、非測定対象物であるシリコンウェーハ10を載せる台である。前記レーザー発振器3は、前記試験台2に載置されたシリコンウェーハ10の表面に所定の間隔でレーザー光を照射させる装置であり、レーザー光としては、例えば、HeNeレーザー等を用いる。前記自動焦点機構4は、例えば、CCD(Charge Coupled Device)カメラ(図示省略)、自動魚眼回路(図示省略)などを備え、前記レーザー発振器3により照射されたレーザー光のシリコンウェーハ10からの反射像の焦点を自動的に合わせることが出来るようになっている。前記変位計5は、前記自動焦点機構4によって焦点を合わせたときの基準点からの変位を変位として測定し、前記パーソナルコンピュータ6に入力する。

【0020】前記パーソナルコンピュータ6は、CPU(Central Processing Unit)61、RAM(Random Access Memory)62、ROM(Read Only Memory)63などを備えている。そして、前記パーソナルコンピュータ6は、前記変位計5から出力された変位データを入力し、RAM62を作業領域として、ROM63に内蔵された所定の解釈プログラムを読み出して入力された前記変位データから中間的なラフネスである平滑度をCPU61にて算出する。この平滑度は、図4に示したような、シリコンウェーハ10の表面の微視的なラフネスと、そりなどの巨視的なラフネスの中間のラフネスを評価するパラメータであり、前記シリコンウェーハ10の表面の注意領域を曲面と考え、曲面の勾配の変化率の絶対値の標準偏差をもって定義されるものである。

【0021】具体的には、平滑度sは(1)式~(3)式によって算出される。

【数2】

$$dy_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \quad (1)$$

$$d^2y_i = \frac{dy_{i+1} - dy_i}{dx_{i+1} - dx_i} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d^2y_i - d^2y)^2} \quad (3)$$

【0022】即ち、図2に示すように、前記変位計5から順次入力される変位データのうち、1+1番目の変位データ(y_{i+1})と、このy_{i+1}の直前の1番目の変位データ(y_i)との差を前記所定の測定間隔(x_{i+1}-x_i)で除した値を1回微分値(dy_i)として求め。次に、順次算出された前記1回微分値(dy_i)のうち、1+1番目の1回微分値(dy_{i+1})と、このdy_{i+1}の直前の1番目の変位データ(dy_i)との差を前記所定の測定間隔(x_{i+1}-x_i)で除した値を2回微分値(d²y_i)として求める。そして、この2回微分値(d²y_i)の標準偏差(s)を求め、この値を平滑度sとしている。

【0023】前記算出された平滑度sは、予め、設定された判定値と比較され、平滑度sの値が判定値よりも大きい場合には、不良として判定されるようになっている。ここで、平滑度sとして、変位の変化を2回微分した値を用いるのは、反りなどの周波数の大きな表面形状の変化などの外乱の影響を消すためである。ここで、変位データ(y_i)を測定する所定の測定間隔(x_i)は半導体基板の大きさによって決定されるものであり、半導体基板の直径の1/100~1/10の大きさであることが望ましい。その理由は、測定間隔を狭く取りすぎると粗さの成分となり、反対に広くしそぎるとうねり(そり)を表してしまうからである。また、ワイヤソーを切断したウェーハの表面形状の粗さの表される周期(切れ味が悪い時)が今までの経験上、上記の範囲となっているためである。具体的には、2mm~40mm程度が適正範囲である。

【0024】次に、上記説明した表面形状計測装置1により実際に算出した平滑度sを用いた表面形状評価について説明する。図3は、所定のロット時における平滑度sの値と、このときの切断面の表面形状プロファイルを示した図表である。図3に示した平滑度sは、ワイヤソー(図示省略)を用いてシリコン単結晶インゴット(図示省略)から切り出したシリコンウェーハ10の切断方向に5mm刻離で前記シリコンウェーハ10の表面の変位を測定し、次いで、この変位を用い、前記(1)式による1回微分値を算出し、次いで、この1回微分値を用い、前記(2)式による2回微分値を算出し、次い

で、この2回微分値の標準偏差を算出して求めた。

【0025】そして、図3において、例えば、ロットナンバー#1の場合には、平滑度 s_g が約1.0程度であり、このときのシリコンウェーハ10の表面形状プロファイルは図3に示す通り滑らかである。さらに、同一ワイヤーソーでスライシングを行ったロットナンバー#2の場合には、平滑度 s_g が約3.0程度であり、このときのシリコンウェーハ10の表面形状プロファイルは図3に示すように、ロットナンバー#1の表面形状プロファイルに比べて多少の凹凸が見られるが、表面形状としては許容範囲内である。続いて、更に同一ワイヤーソーでスライシングを行ったロットナンバー#3の場合には、平滑度 s_g が約6.0程度であり、このときのシリコンウェーハ10の表面形状プロファイルは、図3に示すように、細かい凹凸（微視的ラフネス）の他に、それよりも周期の長い中間的ラフネスが見られた。この状態は、ラッピング時に割れる可能性があるレベルである。そして、この段階で、ワイヤーソーの刃替えを実施し、ワイヤーソーの刃替え直後のロットナンバー#4の場合、再び平滑度 s_g は、約1.0程度となって、表面プロファイルも滑らかになった。

【0026】以上説明した本発明に係る表面形状計測装置1によれば、レーザー光を用いて測定した変位は、パーソナルコンピュータ6によって、1回微分値と2回微分値が順次算出されるとともに、この2回微分値の標準偏差を算出することにより平滑度 s_g が算出される。従って、従来の変位のような微視的ラフネスと、反りやうねりのような巨視的ラフネスとの間の中間的なラフネスを定量的に評価することが出来ることとなって、このような中間的なラフネスを人間が官能的に判定していた場合に比べて、一定した基準で確実に判定することが出来る。また、従来の半導体基板の表面形状評価よりもより確実な評価をすることができるようになって、次工程以降の歩留向上も図れる。また、これらデータの蓄積によってスライシングの刃替えのタイミングも容易に把握することができるようになって、加工精度のバラツキが大きいワイヤーソーの場合でも表面形状管理をより確実に行うことが出来る。また、この平滑度は、種々の実験データの解析用のパラメータとしても活用出来る。

【0027】なお、シリコンウェーハの表面形状を評価する際には、本平滑度の他、表面粗さやうねりといった他の評価パラメータと組み合わせることにより、より完全なシリコンウェーハの表面形状評価が出来る。

【0028】

【発明の効果】本発明の代表的なものの効果について説

明すれば、変位測定手段によって所定の間隔で測定された変位は、平滑度算出手段によって、1回微分値と2回微分値が順次算出されるとともに、この2回微分値の標準偏差を算出することにより平滑度が算出されることから、従来の変位のような微視的ラフネスと、反りやうねりのような巨視的ラフネスとの間の中間的なラフネスを定量的に評価することが出来ることとなって、このような中間的なラフネスを人間が官能的に判定していた場合に比べて、一定した基準で確実に判定することが出来る。即ち、平滑度は、半導体基板の表面の任意領域を曲面と考え、曲面の勾配の変化率の絶対値のバラツキを示したパラメータであって、巨視的ラフネスと微視的ラフネスの中間のラフネスを評価するパラメータとして使用可能であり、この平滑度を利用することによって、従来の半導体基板の表面形状評価よりもより確実な評価をすることができるようになって、次工程以降の歩留向上が図れる。また、これらデータの蓄積によってスライシングの刃替えのタイミングも容易に把握することが出来ることとなって、加工精度のバラツキが大きいワイヤーソーの場合でも表面形状管理をより確実に行うことが出来る。また、2回微分した値を用いるので、反りなどの間波数の大きな表面形状の変化などの外乱の影響を消すことが出来る。

【技術的簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体基板の表面形状計測装置の要部構成を示したブロック図である。

【図2】本発明に係る平滑度を算出する方法を説明するための図である。

【図3】所定のロットにおける平滑度と、このときのシリコンウェーハ切削面の表面形状プロファイルを示した図表である。

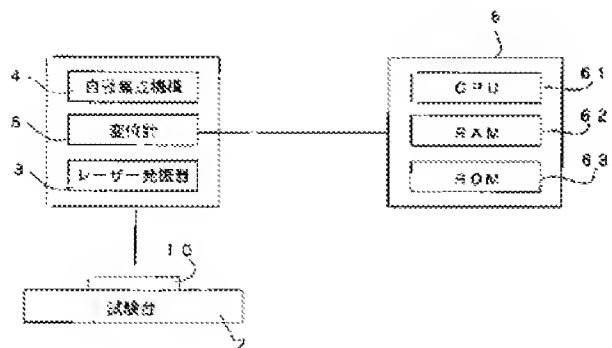
【図4】従来のボウを算出する方法を説明するための図である。

【図5】ラッピング時におけるシリコンウェーハの表面形状の及ぼす影響を模式的に示した図である。

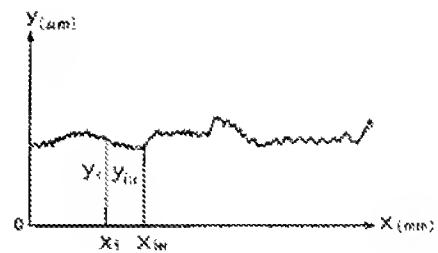
【符号の説明】

- 1 表面形状計測装置
- 2 実験台
- 3 レーザー発振器（変位測定手段）
- 4 自動焦点機構（変位測定手段）
- 5 変位計（変位測定手段）
- 6 パーソナルコンピュータ（平滑度算出手段）
 - 6.1 CPU
 - 6.2 RAM
 - 6.3 ROM

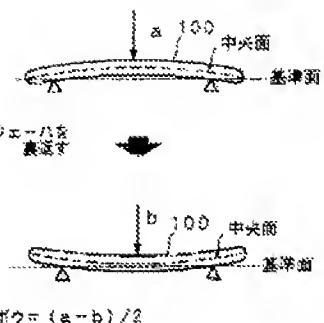
【図1】



【図2】



【図4】



【図3】

ロット	平滑度		表面プロファイル
	2.5	5	
#1	○		
#2		○	
#3		○	
#4	○		

【図5】

